

DIALOG(R) File 347:JAPIO  
(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

03645840     \*\*Image available\*\*  
LIQUID JET METHOD AND RECORDER EQUIPPED WITH SAME METHOD

PUB. NO.:        04-010940 [ JP 4010940    A]  
PUBLISHED:       January 16, 1992 (19920116)  
INVENTOR(s):     NAKAJIMA KAZUHIRO  
                  TAKENOUCHI MASANORI  
                  INUI TOSHIJI  
                  TAKIZAWA YOSHIHISA  
                  MIYAGAWA MASASHI  
                  YAEHASHI HISAO  
                  SHIROTA KATSUHIRO  
                  OKUMA NORIO  
                  ASAI AKIRA  
APPLICANT(s):    CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP  
                  (Japan)  
APPL. NO.:       02-112832 [JP 90112832]  
FILED:           April 27, 1990 (19900427)  
INTL CLASS:      [5] B41J-002/05  
JAPIO CLASS:     29.4 (PRECISION INSTRUMENTS -- Business Machines)  
JAPIO KEYWORD:   R105 (INFORMATION PROCESSING -- Ink Jet Printers)  
JOURNAL:         Section: M, Section No. 1237, Vol. 16, No. 161, Pg. 54, April  
                  20, 1992 (19920420)

#### ABSTRACT

PURPOSE: To stabilize the volume of a droplet all the time to obtain an image of high grade and prevent scumming on a recording paper and smudge in a device by making a bubble generated by heating a liquid communicate with the outside air under a condition that the internal pressure of the bubble is below the outside pressure.

CONSTITUTION: A liquid passage is filled with an ink 3 at an initial stage. When the ink 3 close to a heater 2 is rapidly heated in a manner of pulsation by charging the heater 2 with a current instantaneously, a bubble 6 is generated on the heater 2 and it begins to swell rapidly. The bubble 6 further continues to swell growing mainly to a discharge opening 5 whose inertial resistance is small and goes over the discharge opening 5 finally so as to communicate with the outside air. In this case, when the bubble is communicated with the outside air under a condition that the inner pressure of the bubble is lower than the outside pressure, the unstable liquid ink 3 close to the discharging opening, which had been generated in the past at the time of the communication under a condition that the internal pressure of the bubble is higher than the outside pressure, will not be splashed. Further, since a force to draw into the flow passage is exerted on the liquid, the liquid can be discharged furthermore stably and the splash of unnecessary liquid can be prevented.



T S3/3/1

3/3/1

DIALOG(R) File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat  
 (c) 2003 EPO. All rts. reserv.

13882447

Basic Patent (No,Kind,Date): EP 454155 A2 19911030 &lt;No. of Patents: 028&gt;

**RECORDING METHOD AND APPARATUS** (English; French; German)

Patent Assignee: CANON KK (JP)

Author (Inventor): NAKAJIMA KAZUHIRO C O CANON KA (JP); TAKENOUCHI MASANORI  
 C O CANON (JP); INUI TOSHIHARU C O CANON KABUS (JP); TAKIZAWA YOSHIHISA  
 C O CANON K (JP); MIYAGAWA MASASHI C O CANON KAB (JP); YAEGASHI HISAO C  
 O CANON KABUS (JP); SHIROTA KATSUHIRO C O CANON KA (JP); OHKUMA NORIO C  
 O CANON KABUSHI (JP); ASAI AKIRA C O CANON KABUSHIKI (JP)

Designated States : (National) AT; BE; CH; DE; DK; ES; FR; GB; GR; IT; LI  
 ; LU; NL; SE

IPC: \*B41J-002/05;

Derwent WPI Acc No: G 91-319262

Language of Document: English

Patent Family:

| Patent No    | Kind | Date     | Applic No   | Kind | Date     |         |
|--------------|------|----------|-------------|------|----------|---------|
| AT 124654    | E    | 19950715 | EP 91106821 | A    | 19910426 |         |
| AT 155741    | E    | 19970815 | EP 94117955 | A    | 19910426 |         |
| DE 69108438  | C0   | 19950504 | DE 69108438 | A    | 19910426 |         |
| DE 69110958  | C0   | 19950810 | DE 69110958 | A    | 19910426 |         |
| DE 69126996  | C0   | 19970904 | DE 69126996 | A    | 19910426 |         |
| DE 69108438  | T2   | 19950914 | DE 69108438 | A    | 19910426 |         |
| DE 69110958  | T2   | 19951130 | DE 69110958 | A    | 19910426 |         |
| DE 69126996  | T2   | 19980219 | DE 69126996 | A    | 19910426 |         |
| EP 454155    | A2   | 19911030 | EP 91106821 | A    | 19910426 | (BASIC) |
| EP 455167    | A2   | 19911106 | EP 91106817 | A    | 19910426 |         |
| EP 641654    | A2   | 19950308 | EP 94117955 | A    | 19910426 |         |
| EP 454155    | A3   | 19920226 | EP 91106821 | A    | 19910426 |         |
| EP 455167    | A3   | 19920205 | EP 91106817 | A    | 19910426 |         |
| EP 641654    | A3   | 19950405 | EP 94117955 | A    | 19910426 |         |
| EP 454155    | B1   | 19950705 | EP 91106821 | A    | 19910426 |         |
| EP 455167    | B1   | 19950329 | EP 91106817 | A    | 19910426 |         |
| EP 641654    | B1   | 19970723 | EP 94117955 | A    | 19910426 |         |
| ES 2069767   | T3   | 19950516 | ES 91106817 | EP   | 19910426 |         |
| ES 2073614   | T3   | 19950816 | ES 91106821 | EP   | 19910426 |         |
| ES 2105472   | T3   | 19971016 | ES 94117955 | EP   | 19910426 |         |
| JP 4010940   | A2   | 19920116 | JP 90112832 | A    | 19900427 |         |
| JP 4010941   | A2   | 19920116 | JP 90112833 | A    | 19900427 |         |
| JP 4010942   | A2   | 19920116 | JP 90112834 | A    | 19900427 |         |
| JP 4012859   | A2   | 19920117 | JP 90114472 | A    | 19900428 |         |
| JP 2783647   | B2   | 19980806 | JP 90112832 | A    | 19900427 |         |
| US 5218376 ✓ | A    | 19930608 | US 692943   | A    | 19910429 |         |
| US 6155673 ✓ | A    | 20001205 | US 99396    | A    | 19930730 |         |
| US 6488364 ✓ | BA   | 20021203 | US 615933   | A    | 20000713 |         |

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 90112832 A 19900427  
 JP 90112833 A 19900427  
 JP 90112834 A 19900427  
 JP 90114472 A 19900428  
 EP 91106821 A3 19910426  
 US 99396 A 19930730  
 US 692935 B1 19910429  
 US 615933 A 20000713  
 US 99396 A3 19930730



⑫ 公開特許公報(A) 平4-10940

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>  
B 41 J 2/05

識別記号 庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)1月16日

9012-2C B 41 J 3/04 1 0 3 B

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全19頁)

⑮ 発明の名称 液体噴射方法および該方法を用いた記録装置

⑯ 特 願 平2-112832

⑰ 出 願 平2(1990)4月27日

|         |           |     |                   |           |
|---------|-----------|-----|-------------------|-----------|
| ⑱ 発 明 者 | 中 島       | 一 浩 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 竹 之 内     | 雅 典 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 乾         | 利 治 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 滝 沢       | 吉 久 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 宮 川       | 昌 士 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 八 重 樫     | 尚 雄 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 城 田       | 勝 浩 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 大 熊       | 典 夫 | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑱ 発 明 者 | 浅 井       | 朗   | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 | キヤノン株式会社内 |
| ⑲ 出 願 人 | キヤノン株式会社  |     | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |           |
| ⑳ 代 理 人 | 弁理士 丸島 儀一 |     | 外1名               |           |

明 細 書

1. 発明の名称

液体噴射方法及び該方法を用いた記録装置

2. 特許請求の範囲

(1) インクを加熱することによって気泡を生じせしめ、該気泡により前記インクの少なくとも一部を吐出して記録を行う液体噴射方法において、前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通させることを特徴とする液体噴射方法。

(2) 吐出エネルギー発生手段によりインクを加熱して気泡を生じせしめ該気泡により前記インクの少なくとも一部を吐出するための吐出口を有する記録ヘッドと、前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通するように前記吐出エネルギー発生手段を駆動するための駆動回路と、前記吐出口と被記録媒体とが対向する位置に設けられたブラテンとを有することを特徴とする記録装置。

3. 発明の詳細な説明

<産業上の利用分野>

本発明は熱エネルギーを利用して吐出された液体を被記録媒体に付着させて記録を行なう液体噴射記録に好適に用いられ得る液体噴射方法及び該方法を用いた記録装置に関する。

<従来の技術>

液体あるいは加熱により溶融可能な固体の記録媒体(インク)を熱エネルギーを利用して被記録媒体上に付着させて画像形成を行なう液体噴射記録法は、高解像、高速印字が可能で記録品位も高く、低騒音であり、しかもカラー画像記録が容易に行なえ、普通紙等にも記録ができ、更に記録ヘッドや装置全体の小型化が容易であるといった優れた特長を有している。

熱エネルギーを用いて記録液を吐出する記録方法としては既に多くの方法やそれを利用した装置が知られている。

その中でも、例えば、特開昭54-161935号公報、特開昭61-185455号公報、特開昭61-249768号公報には、記録液

(インク)に熱を加えることで記録液をガス化させ、あるいは記録液中にバブルを発生させ、そのガスまたはバブルを形成していたガスを記録液とともに噴出して記録を行なう方法が記載されている。

すなわち、特開昭54-161935には、発熱体によって液室内のインクをガス化させ、該ガスをインク滴と共にインク吐出口より吐出させることが示されている。

また、特開昭61-185455には、小開口を有する板状部材と発熱体ヘッドとの微小間隙部に満たされた液状インクを該発熱体ヘッドによって加熱し、発生したバブルによって小開口からインク滴を飛翔させると共に、該バブルを形成していたガスをも該小開口より噴出させて記録紙上に画像を形成することが示されている。

更に、特開昭61-249768には、液状インクに熱エネルギーを作用させてバブルを形成し、バブルの膨張力に基づいてインク小滴を形成飛翔させると同時に該バブルを形成していたガス

をも大開口より大気中に噴出させ画像を形成することが記載されている。

また、上記各公報によれば、ガスを記録液とともに噴出させる事によってオリフィスや開口の目詰まりをなくすることができるとしている。

又、特開昭61-197246には、熱エネルギーを用いた記録装置として、記録媒体に設けられた複数の孔に供給されるインクを発熱素子を有する記録ヘッドで加熱して、インク滴を被記録材に飛翔させる記録装置が示されている。しかしながら、該記録装置においては、発熱素子と記録媒体とを完全に密着させることは難しく、熱効率が思ったよりよくならない場合がある。従って、高速記録に十分対応できない場合があった。又、発生した気泡の圧力を用いてインクを飛翔させることは記載されるものの、その具体的な原理等については示されていないため、このような問題を解決する指針さえ示されていない。

<発明が解決しようとする問題点>

しかしながら、上記特開昭54-161935

号、特開昭61-185455、特開昭61-249768には、気泡(バブル)を形成しているガスをインク滴の飛翔と共に大気中に噴出させてしまうために、ガス化したインクが、記録液のスプラッシュやミストなどを生じさせ、その結果記録紙の地汚れを生じさせたり、装置内の汚れの原因となるなどの不具合が発生する場合があった。

また、該特開昭61-197246に記載される記録装置においては、発熱素子と記録媒体とを完全に密着させることは難しく、熱効率が思ったよりよくならない場合がある。従って、高速記録に十分対応できない場合があった。又、発生した気泡の圧力を用いてインクを飛翔させることは記載されるものの、その具体的な原理等については示されていないため、良好なインク吐出を行うための具体的な方針さえ得ることは出来なかった。

<目的>

本発明は、上記したような問題点に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、吐出する

液滴の体積や速度を安定化し、さらにスプラッシュやミストなどの発生を抑え、画像上の地汚れや装置化した場合の装置内の汚れを防ぐとともに、吐出の効率を向上させ、目詰まりなどを防ぎ、さらには記録ヘッドの寿命を向上させ、高品位な画像を印字可能な液体噴射方法を提案することにある。

<問題点を解決するための手段>

上記目的を達成する本発明の液体噴射方法は、液体を加熱することによって気泡を生じせしめ、該気泡により前記液体の少なくとも一部を吐出して記録を行う液体噴射方法において、前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通させることを特徴とする。

上記目的を達成する本発明の記録装置は、吐出エネルギー発生手段によりインクを加熱して気泡を生じせしめ該気泡により前記インクの少なくとも一部を吐出するための吐出口を有する記録ヘッドと、前記気泡の内圧が外気圧以下の条件で前記気泡を外気と連通するように前記吐出エネルギー

発生手段を駆動するための駆動回路と、前記吐出口と被記録媒体とが対向する位置に設けられたプラテンとを有することを特徴とする。

#### <実施例>

以下、図面を参照しながら本発明を詳細に説明する。

第1図(a)乃至第1図(e)はそれぞれ本発明の液体噴射方法による液体の吐出を説明するための模式的断面図である。

第1図(a)乃至第1図(e)において、1は基体、2はヒーター、3はインク、4は天板、5は吐出口、6はバブル、7は液滴、101は被記録媒体である。なお、液路は、基体1と天板4および不図示の壁によって形成される。

第1図(a)は初期状態を示し、液路内がインク3で満たされた状態である。インク3まずヒーター(例えば電気熱変換体)2に瞬間的に電流を流しパルス的にヒータ近傍のインク3を急激に加熱するとインクは所謂膜沸騰による気泡(バブル)6がヒーター2上に発生し、急激に膨張を始める

らを組み合わせても良いものである。要は、吐出口5と被記録媒体とが相対的に移動可能とされ、被記録媒体の所望の位置に所望の吐出口が対向され得るようにすればよい。

さて、第1図(c)ではバブル6が外気と連通したときに外気とバブル内との気体の移動がないか、外気がバブル内に流入するためには、バブルの内圧が外気圧と等しいかより低い条件でバブルを外気と連通させる必要がある。

従って、上記条件を満足させるためには、第2図(a)では $t \geq t_1$ の時刻においてバブルと外気とを連通させれば良い。実際には、~~バブル~~バブルの成長にともなうインクが吐出されてしまうため、バブル内圧又は体積と時間との関係のグラフは第2図(b)に示されるようになる。すなわち、第2図(b)において $t = t_b$  ( $t_1 \leq t_b$ )の時刻でバブルを外気と連通させればよい。

この条件で液滴を吐出させるとバブル内圧が外気圧より高い条件でバブルを外気と連通させて液滴を吐出させる(ガスが大気中に噴出する)場

(第1図(b))。さらにバブル6は膨張を続け、主として慣性抵抗の小さい吐出口5側へ成長し、ついには吐出口5を越え、外気とバブル6が連通する(第1図(c))。このとき外気はバブル6内と平衡状態であるか、バブル6内に流入する。

吐出口5より押し出されたインク3はこの瞬間までにバブル6の膨張によって与えられた運動量のためにさらに前方へ飛翔を続け、ついには独立な液滴となって紙などの被記録媒体101へ向かって飛翔する(第1図(d))。さらに吐出口5側先端部に生じた空隙は後方のインク3の表面張力と液路を形成する部材との濡れによってインク3が図面右方向に供給され(第1図(e))初期状態に戻る。前記記録媒体101は、プラテンに沿って、プラテン、ローラー、ベルト、あるいはそれらの任意の組み合わせによって吐出口5に対向する位置に搬送される。或は、被記録媒体101を固定し、吐出口5を移動させる(記録ヘッドを移動させる)ようにしても良く、また、それ

合に比べ、前述したようにインクのみストやスプラッシュによる記録紙や装置内の汚れを防止できる。また、バブルの体積が増大してからバブルを外気と連通させるのでインクに対して十分な運動エネルギーを伝達することができ、吐出速度が大きくなるという効果が得られる。

また、バブルの内圧が外気圧より低い条件でバブルを外気と連通させることは上記効果をより顕著なものにすることができるという点においてより望ましい。

すなわち、バブルの内圧が外気圧より低い条件でバブルを外気と連通させることはバブルの内圧が外気圧より高い条件で連通させる場合に生じていた吐出口近傍の不安定な液体を飛散させる事がなく、また更には、該圧力が等しい場合よりもその不安定な液体に液路内に引き込む力がわずかではあるが働くため、より一層安定した液体の吐出と不要液体の飛散防止を図ることができる。

本発明に用いる記録ヘッドはヒータ2の位置を吐出口5の方向に近づけた位置に設けてある。こ

れはバブルを外気と連通させるために最も簡便にとれる手法である。しかしながら、単にヒーターを吐出口に近付けるだけでは本発明の上記した条件を満たすことができない。したがって、本発明の上記条件を満たすためには、ヒーターの発生する熱エネルギー量（ヒーターの構成、形成材料、駆動条件、面積、ヒーターの設けられる基体の熱容量等）、インク物性、記録ヘッドの各部の大き

(以下余白)

体積のときにバブルが外気と連通する様にすることは好ましいものである。

なお、本発明の条件に加えて、バブルの吐出口方向先端の移動速度の1次微分値が負となる条件でバブルと外気とを連通させる条件、或は、吐出エネルギー発生手段の吐出口側端部からバブルの吐出口側端部の距離 $l_1$ と吐出エネルギー発生手段の吐出口とは反対側の端部からバブルの吐出口とは反対側の端部との距離 $l_2$ とが $l_1/l_2 \geq 1$ を満足する条件、もしくはその両方の条件でバブルと外気を連通させることはより好ましいものである。

次に、バブルの内圧と外気圧との関係を測定する方法について説明する。

バブルの内圧と外気圧との大小関係は、直接バブル内の圧力を測定することは難しいので以下に示す方法によって、あるいは、それら方法を適宜組み合わせることによって知ることができる。

まず、バブルの体積、または吐出口より外側にあるインクの体積の時間変化を測定することに

さ（吐出口とヒータ間の距離、吐出口や液路の幅および高さ）などを所望に応じて選択することによりバブルを所望の状態で外気と連通させることができる。

本発明をより効果的に達成する条件として前記したように液路形状を挙げる事ができる。液路形状は、使用する熱エネルギー発生素子の形状によって幅がほぼ決定されてくるものの、具体的関係については経験則でしかない。本発明においては液路形状が気泡の成長に大きく影響を与え、その液路における上記条件にとっては有効であることが判明した。

すなわち、液路の高さを利用して気泡の連通状態を変えられることが判明した。環境等の他の影響を受けにくく、又より一層の安定化を図るためには液路の幅 $W$ よりも液路の高さ $H$ を低く（ $H < W$ ）とすることが好ましい。

また、バブルが外気と連通しない場合に連するであろうバブルの最大体積もしくはバブルの最大体積の70%以上、より好ましくは80%以上の

よって、バブルの内圧と外気圧との大小関係を知る方法について説明する。

(バブルの体積から決定する方法)

インクが発泡を開始してからバブルが外気と連通するまでの時間におけるバブルの体積 $V$ を測定し、 $V$ の二次微分 $d^2V/dt^2$ を求めることによってバブルの内圧と外圧との大小関係を知ることができる。すなわち、 $d^2V/dt^2 > 0$ であればバブルの内圧は外圧よりも高く、 $d^2V/dt^2 \leq 0$ であればバブルの内圧は外圧以下である。第2図(c)で説明すると、発泡開始 $t = t_0$ より $t = t_1$ まではバブルの内圧は外気圧よりも高く $d^2V/dt^2 > 0$ となり、 $t = t_1$ よりバブルが外気と連通するまでの時間 $t = t_2$ まではバブルの内圧は外気圧以下であり、 $d^2V/dt^2 \leq 0$ となる。以上のように $V$ の二次微分 $d^2V/dt^2$ を求めることでバブルの内圧と外気圧との大小関係を知ることができる。

なお、この場合、バブルが記録ヘッドの外側から見えることが必要である。記録ヘッドの外側か



らバブルを観察するためには、記録ヘッドの一部が透明な部材で形成され、バブルの発泡、成長等が記録ヘッドの外部から観察できるような構成であることが望ましい。記録ヘッドの構成部材が非透明である場合には、例えば、記録ヘッドの天板等を透明な部材に置き換えればよい。このとき、置き換えられる部材と置き換える部材の硬度、弾性度等は極力同じに選ぶのが望ましい。

構成部材の置き換えとしては、記録ヘッドの天板が例えば金属、不透明なセラミックあるいは着色されたプラスチックの場合は、透明なプラスチック（一例としては透明アクリル）、ガラス等に変更すればよいが、もちろん置き換え場所とそれに用いられる材料は上記した場所および材料に限られるものではない。

しかしながら、このとき部材の物性の違いによる発泡特性の違いを回避するためにできるだけインクに対する濡れ性などの物性が元の部材に近いものを選ぶことが望ましい。元の部材のものと同等の発泡状態であるかどうかは、吐出させてその

吐出速度や吐出体積が元の状態と同じかどうかを見ることによって確認することができる。予め透明な部材で構成されている場合は以上の操作は不要である。

また、記録ヘッドの構成部材を他の部材に置き換えなくとも、あるいは、記録ヘッドの構成上他の部材に置き換えられない場合でも以下の方法によってバブルの内圧と外圧との大小関係を知ることができる。

（吐出されるインクの体積から決定する方法）

発泡を開始してからインク滴が飛翔するまでの時間において、吐出口より外側に飛び出したインクの体積  $V_e$  を測定し、 $V_e$  の二次微分  $d^2 V_e / dt^2$  を求めることによってバブルの内圧と外気圧の大小関係を知ることができる。即ち、 $d^2 V_e / dt^2 > 0$  であればバブルの内圧は外気圧よりも高く、 $d^2 V_e / dt^2 \leq 0$  であればバブルの内圧が外気圧以下である。第2図(d)はバブルの内圧が外気圧よりも高い状態でバブルを連通したときに、吐出口より飛び出したインク

の体積  $V_e$  の一次微分  $d V_e / dt$  の時間変化を示したものであるが、発泡開始  $t = t_0$  よりバブルが外気と連通するまでの時間  $t = t_1$  までは、バブルの内圧は外気圧よりも高く、 $d^2 V_e / dt^2 > 0$  となる。一方、第2図(e)はバブルの内圧が外気圧以下の状態でバブルを外気と連通させたときの  $V_e$  の一次微分  $d V_e / dt$  の時間変化を示したものである。同図より、発泡開始  $t = t_0$  より  $t = t_1$  まではバブルの内圧は外気圧よりも高く  $d^2 V_e / dt^2 > 0$  であるが、 $t = t_1$  より  $t = t_2$  まではバブルの内圧は外気圧以下であり  $d^2 V_e / dt^2 \leq 0$  となる。

以上のように  $V_e$  の二次微分  $d^2 V_e / dt^2$  を求めることでバブルの内圧と外気圧との大小関係を知ることができる。

吐出口より外側に存在するインクの体積  $V_d$  の測定法を説明する。吐出後各時刻における液滴の形状は、ストロボやLED、レーザなどの光源31を用いてパルス光で吐出口から飛び出している液滴を照明しながら顕微鏡32で観察することに

よって測定することができる。即ち、一定周波数で連続して吐出している記録ヘッドに対して、その駆動パルスに同期してかつ所定のディレイ時間においてパルス光を発光させることにより、その吐出から所定時間後における一方向から見た液滴の投影形状を測定できる。このときパルス光のパルス幅は測定に十分な光量が確保できる範囲でできるだけ小さい方がより正確に測定を行なうことができる。この一方向の測定からでも液滴体積を概算することができるが、さらに正確に求めるために次のような方法で測定することが望ましい。

第3図に示すように液滴の吐出方向を  $x$  とし、以上述べたようにパルス光で照明しながら  $x$  軸と直交し互いに直交する2方向  $y$ 、 $z$  方向から同時に吐出する液滴の投影形状を顕微鏡で測定する。このとき顕微鏡での測定方向  $y$  または  $z$  は吐出口の並び方向に平行な方向が望ましい。このように測定した2方向からの画像について、第4図(a)および第4図(b)に示すように  $x$  座標値

に対する液滴部分の幅 $a(x)$ 、 $b(x)$ を測定する。これらの値から次式に従って計算することによって所定時間後の液滴の体積 $V_d$ を求めることができるのである。なお、この式は $y-z$ 断面を楕円で近似したもので、液滴や以下に述べるバブル体積計算には十分な精度で求めることができる。

$$V_d = (\pi/4) \int a(x) \cdot b(x) dx$$

さらにこのパルス光の点灯ディレイ時間を0から順に変えていくことによって、駆動パルス印加後の $V_d$ の変化を求めることができる。

液路内のバブル体積の測定も上記した方法を応用して行うことができる。

上記したように、液路内のバブルが観察できる状態にした後に、上記の液滴体積測定法と同様に2方向からその投影形状をパルス光で照明しながら測定し、上記計算式を適用しその体積を求めることができる。

液滴やバブルの挙動はともに約 $0.1 \mu\text{sec}$ 程度の時間分解能が必要なため、パルス光源としては赤外LEDを用い、そのパルス幅は $50\text{nsec}$ のもの

を用い、顕微鏡に赤外線カメラを接続し画像を撮影し、その画像から上記 $a(x)$ 、 $b(x)$ を求め、上記計算式を適用し測定すればよい。

上記以外にも気流からバブルの内圧と外気圧との大小関係を知ることにも出来る。

(気流(気体の動き)から決定する方法)

バブルの連通の瞬間のバブル内外の圧力差によって生じる気流(気体の動き)を検知する方法について説明する。

バブルの内圧と外気圧との大小関係を気流から知るためには、吐出口近傍に微細なタフトを設け、気流の変化によって引き起こされる該タフトの動きを顕微鏡で観察する方法や、気流によって生じる吐出口付近の空気の密度の変化を、シュリーレン法、マッハ・ツェンダ干渉法、ホログラム法などの光学的手法等によって検出する方法を用いることができる。

これらの方法によって、バブルが外気に連通する瞬間に液路側から外側に向かっての気流が観測されれば、バブルの内圧が外気圧よりも高い状態

で連通したことを示し、液路内へ流入する気流が観測されればバブルの内圧が外気圧よりも低い状態で連通したことを示す。

次に、本発明に好適に用いられる記録ヘッドの1つの構成について説明する。

第5図(a)および第5図(b)に好適な1つの記録ヘッドの模式的組立斜視図と模式的上面図を示す。なお、第5図(b)は、第5図(a)に示される天板を設けていない状態である。

第5図(a)および第5図(b)に示される記録ヘッドの構成を簡単に説明する。

第5図(a)および第5図(b)に示される記録ヘッドは、基体1上に壁8が設けられ、該壁8上を天板4が覆うように接合され、共通液室10および液路12が形成される。天板4にはインクを供給するための供給口11が設けられ、液路12が連通する共通液室10を通じてインクが液路12内に供給され得る構成となっている。

また、基体1にはヒーター2が設けられ、これら各ヒーター2に対応して各液路が設けられてい

る。ヒーター2は、発熱抵抗層と該発熱抵抗体層に電気的に接続される電極(いずれも不図示)とを有し、この電極によって記録信号に従って通電される。この通電により、ヒーター2は熱エネルギーを発生し、液路中に供給されたインクに熱エネルギーを付与することができる。この熱エネルギーにより、記録信号に従ってインク中にバブルを発生することができる。

また、本発明に好適に用いられる記録ヘッドの別の構成について説明する。

第6図(a)および第6図(b)にはそれぞれ記録ヘッドの模式的断面図と模式的平面図が示されている。この記録ヘッドと第5図に示される記録ヘッドの違いは、第5図に示されるものが、液路内に供給されたインクが液路に沿って真直にあるいは実質的に真直に吐出口から吐出されるのに対して、第6図に示されるものは供給されたインクが液路に沿って曲折されている点である(図ではヒーターの直上に吐出口が形成されている。)

なお、第6図(a)および第6図(b)において、第5図(a)および第5図(b)に示した番号と同じものは同じものを指している。

第6図(a)および第6図(b)において、16は吐出口5が形成されたオリフィスプレートであり、ここでは、各吐出口5間に設けられる壁9をも一体的に形成されている。

以下、具体的な実施例によって本発明を説明する。

#### 【実施例1】

本実施例においては第5図に示される記録ヘッドを用いた。本実施例では、ガラスを用いて天板6とした。また、用いられた記録ヘッドの液路12及びヒータ2の寸法はそれぞれ液路12の高さが $20\mu\text{m}$ 、幅が $58\mu\text{m}$ 、ヒータのサイズが幅 $28\mu\text{m}$ ×長さ $18\mu\text{m}$ とし、また、ヒータの設けられる位置はヒータ2の最も吐出口側の端から吐出口までの長さを $20\mu\text{m}$ とした。液路12は、1インチ当たり360本の密度で48本配置した。

また、吐出口から吐出されたインクの体積 $V$ と、インクの体積 $V$ の一次微分 $dV/dt$ は、第6図に示されるような時間変化を示しており、発泡開始より $0.5\mu\text{sec}$ 後から約 $2\mu\text{sec}$ 後にバブルが外気と連通するまでの間のバブルの体積の二次微分 $d^2V/dt^2$ は負であり、バブル内圧は外気圧よりも低いことが確認された。

別に、バブルの体積 $V$ からバブルの内圧と外気圧との大小関係を見たところ、この場合も $d^2V/dt^2 \leq 0$ の関係を満たしており、バブル内圧が外気圧以下であることが確認された。

尚、このときの飛翔液滴の体積は、各吐出口5から吐出された飛翔液滴の体積とも $14 \pm 1\text{pL}$ の範囲に収まった。さらに飛翔する液滴のスピードは約 $14\text{m/sec}$ で揃っており、飛翔速度とともに優れた記録を行うに充分なものであった。

そこで次に1画素毎の市松模様が形成されるように電気信号を前記16個のヒータ2に与えてインクを吐出し、記録紙に付着させたところ、記録紙

この記録ヘッドに、

|               |         |
|---------------|---------|
| C.I.フードブラック2  | 3.0重量%  |
| ジエチレングリコール    | 15.0重量% |
| N-メチル-2-ピロリドン | 5.0重量%  |
| イオン交換水        | 77.0重量% |

よりなる各配合成分を容器中で攪拌し、均一に混合溶解させた後、孔径 $0.45\mu\text{m}$ のテフロン製フィルタで濾過して得た粘度 $2.0\text{cps}$ ( $20^\circ\text{C}$ )のインクをインク供給口11より液室10に供給し吐出を試みた。

記録ヘッドのヒータ2の駆動に際して、パルス状の電気信号をヒータ2に印加し印加した。また、印加したパルス波の電圧は $9.0\text{V}$ 、パルス幅は $5.0\mu\text{sec}$ とされ、これを周波数 $2\text{kHz}$ でヒータ2に印加した。

まず、吐出口5のうち、連続する16個の吐出口5からインクを吐出させた状況をストロボ顕微鏡を用い観察したところ、発泡開始より約 $2\mu\text{sec}$ 後に加熱によって生じたバブルが外気と連通している様子が確認された。

上には印字ムラのない所望の市松模様のパターンが作画された。この画像を拡大して観察したところ余分なインクの飛散や地汚れのない鮮明な画像であった。

#### 【実施例2】

次に、第6図に示す記録ヘッドを用いて画像形成を行なった。なお、本実施例では、オリフィスプレート14として透明ガラスを用いた。

本実施例において、吐出口5は、オリフィスプレートの表面側において、直径が $36\mu\text{m}$ の円とされ、ヒータ面から吐出口までの長さを $20\mu\text{m}$ ヒータのサイズを $24\mu\text{m} \times 24\mu\text{m}$ 、1インチ当たりの吐出口の数を360個になる密度で吐出口を48個配置した。

この記録ヘッドに実施例1と同じインクを供給し吐出を試みた。

記録ヘッドのヒータ12の加熱条件は、 $7.0\text{V}$ 、 $4.5\mu\text{sec}$ とし、これを $2\text{kHz}$ で駆動した。

まず、吐出口5のうち、連続する16個の吐出

口5からインクを吐出させた状況をストロボ顕微鏡を用い観察したところ、発泡開始より約2.1  $\mu\text{sec}$ 後に加熱によって生じたバブルが外気と連通している様子が確認された。

また、発泡開始後よりバブルが外気と連通するまでのバブルの体積 $V$ とバブルの体積 $V$ の一次微分 $dV/dt$ は第6図に示されるような時間変化を示していおり、発泡開始より0.5  $\mu\text{sec}$ 後から約2.1  $\mu\text{sec}$ 後にバブルが外気と連通するまでの間のバブルの体積の二次微分 $d^2V/dt^2$ は負であり、バブル内圧は外気圧よりも低いことが確認された。

また、このときの飛翔液滴の体積を測定したところ、各ノズルとも $18 \pm 1 \text{ pl}$ の範囲に収まった。さらに液滴のスピードは約10 m/secであった。

そこで実施例1と同様に、1画素毎の市松模様が形成されるように電気信号を前記16個のヒータ2に与えてインクを吐出、記録紙に付着させたところ、記録紙上には印字ムラのない所望の市松

模様のパターンが作画された。この画像を拡大して観察したところ余分なインクの飛散や地汚れない鮮明な画像であった。

### [実施例3]

実施例1で用いた記録ヘッドを用いて、

|                  |         |
|------------------|---------|
| C.I.ダイレクトブラック154 | 3.5重量%  |
| グリセリン            | 5.0重量%  |
| ジエチレングリコール       | 25.0重量% |
| ポリエチレングリコール      | 28.0重量% |
| (平均分子量 300)      |         |

|        |         |
|--------|---------|
| イオン交換水 | 38.5重量% |
|--------|---------|

よりなる各配合成分を容器中で攪拌し、均一に混合溶解させた後、孔径0.45  $\mu\text{m}$ のテフロン製フィルタで濾過して得た粘度10.5 cps (20℃)のインクを用いた以外は実施例1と同様にしてバブル内圧と外気圧との大小関係を測定し、インクの吐出を行った。その結果、本実施例においてもバブル内圧がバブルの外気への連通時において外気圧よりも低い状態でバブルと外気とが連通することがわかった。なお、インクの吐出速度

は実施例1のときよりは低下し、7 m/secであったが吐出そのものは極めて安定したものであった。

### [実施例4~12]

実施例2で用いた記録ヘッドと同様に液路が曲折された記録ヘッドを用い、実施例2と同様なインクを供給して記録を行なった。

各記録ヘッドの概略と吐出結果を第1表に示す。又、各記録ヘッドの概略図を第 図~第 図に示す。

第1表からわかるように、いずれの場合も吐出される液体の体積並びに液滴の吐出速度は極めて安定したものであって、また、記録も極めて優れたものであった。

(以下省略)



第 1 表

| 実施例 | 吐出口<br>( $\mu\text{m}$ ) | 吐出口<br>形状 | ヒーター<br>( $\mu\text{m}$ ) | 距離 L<br>( $\mu\text{m}$ ) | ヒーター位置                | 駆動条件  |                   |       | 液滴         |       | 図  |
|-----|--------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|-------------------|-------|------------|-------|----|
|     |                          |           |                           |                           |                       | 電圧    | パルス幅              | 周波数   | 体積pl       | 速度    |    |
| 4   | 30×30                    | 方形        | 25×25                     | 25                        | 吐出口中心と一致              | 12.0V | 5.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 20 $\pm$ 1 | 7m/s  | 8  |
| 5   | 30×30                    | 方形        | 25×13                     | 20                        | 吐出口中心より偏位             | 12.0V | 5.5 $\mu\text{s}$ | 2kHz  | 13         | 5m/s  | 9  |
| 6   | 30×30                    | 方形        | 25×13                     | 20                        | 吐出口中心より偏位             | 12.0V | 5.5 $\mu\text{s}$ | 2kHz  | 12         | 5m/s  | 10 |
| 7   | 20×20                    | 方形        | 20×20                     | 40                        | 吐出口と非対向               | 9.0V  | 5.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 12         | 6m/s  | 11 |
| 8   | 20×20                    | 方形        | 20×20                     | 40                        | 吐出口と非対向×2             | 9.0V  | 5.0 $\mu\text{s}$ | 500Hz | 14         | 8m/s  | 12 |
| 9   | 25×25                    | 方形        | 25×20                     | 40                        | 吐出口と非対向×3             | 12.0V | 4.5 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 24         | 10m/s | 13 |
| 10  | 30×30                    | 方形        | 30×30<br>30×15            | 30                        | 吐出口中心と一致<br>吐出口と非対向   | 14.0V | 4.5 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 25         | 8m/s  | 14 |
| 11  | 30×30                    | 方形        | 30×30<br>30×15            | 30                        | 吐出口中心と一致<br>吐出口と非対向×3 | 14.0V | 4.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 26         | 10m/s | 15 |
| 12  | 50 $\phi$                | 円形        | 40×40                     | 30                        | 吐出口中心と一致              | 18.0V | 5.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz  | 55         | 7m/s  | 16 |

[実施例13～15]

実施例1で用いた記録ヘッドと同様に液路が曲折していない記録ヘッドを用い、実施例1と同様なインクを供給して記録を行なった。

各記録ヘッドの概略と吐出結果を第2表に示す。又、各記録ヘッドの概略図を第8図～第10図に示す。

第2表からわかるように、いずれの場合も吐出される液体の体積並びに液滴の吐出速度は極めて安定したものであって、また、記録も極めて優れたものであった。

(以下空白)



第 2 表

| 実施例 | 吐出口<br>幅×高さ<br>( $\mu\text{m}$ ) | 吐出口<br>形状 | ヒーター<br>幅×高さ<br>( $\mu\text{m}$ ) | 距離 L<br>( $\mu\text{m}$ ) | 駆動条件  |                   |      | 液滴   |       | 図   |
|-----|----------------------------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------|-------|-------------------|------|------|-------|-----|
|     |                                  |           |                                   |                           | 電圧    | パルス幅              | 周波数  | 体積pl | 速度    |     |
| 13  | 40×30                            | 方形        | 30×30                             | 30                        | 14.0V | 4.0 $\mu\text{s}$ | 2kHz | 34   | 15m/s | 第7図 |
| 14  | 40×30                            | 方形        | 30×20                             | 40                        | 12.0V | 5.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz | 41   | 11m/s | 第8図 |
| 15  | 30×30<br>但し、<br>液路は<br>40×40     | 方形        | 30×30                             | 30                        | 12.0V | 5.0 $\mu\text{s}$ | 1kHz | 28   | 8m/s  | 第9図 |

## 〔比較例1〕

第5図の記録ヘッドに対してヒータ2の吐出口側端面を吐出口5から3 $\mu$ mの位置に配置して、バブル内圧が外気圧よりも高い状態でバブルが外気と連通するようにした記録ヘッドを作製して記録状態を評価した。

この記録ヘッドに、前記実施例1、2で用いたインクをそれぞれ別に供給し実施例1、2と同様に市松模様の記録を行えるような駆動を試みたところ、吐出自体は行うことができたが、連続した安定的な吐出は行われなかった。また記録紙上に記録された画像を観察したところ細かな地汚れの多い画像となっていたのでこの現象をさらに詳しく分析した。

まず、実施例1と同様にヒータ2の加熱によりバブルが形成され、液滴が吐出口5より吐出するまでの過程をストロボ顕微鏡を用いて観察したところ、パルス印加してから数パルス目までは形成されたバブルにより液滴が吐出していた。しかしながらこの液滴も実施例1のような液滴ではな

ろ、連続して液滴が吐出しているのが観察された。

しかしながら、記録紙上の画像を観察したところ、地汚れの多い画像であった。この現象をさらに詳しく分析した。

実施例1と同様にヒータ2の加熱によりバブルが形成され、液滴が吐出口5より吐出するまでの過程をストロボ顕微鏡を用いて観察したところ、多数の泡が液路12内で発生しているのが観察され、さらに主たる液滴の吐出に伴って微小液滴がミスト状に噴出するのが観察された。

また、駆動周波数を1kHzに上げたところ、すぐに吐出しなくなった。

## ＜発明の効果＞

以上説明したように本発明の液体噴射方法によれば、生じられたバブルを外気と連通させて液滴を吐出させるので、液滴の体積を常に安定化させ高品位画像を得ることができる。

また、バブルを外気と連通させるときのバブル内圧が外気圧よりも低い状態で行なうため、バブ

ル第20図(a)に示すような多数の微小液滴21の集まりであった。

数パルス目以降は吐出口5の付近に十分な運動量が与えられずに残留しているインクが吐出口5を塞いでしまう。このときノズル内は一旦外気と連通しているため第20図(b)に示すように空気22が泡となってノズル内に取り込まれ消えずに残っていた。この状態で液滴は吐出しなかった。

また、バブルが形成されてから外気と連通するまでにおけるバブルの体積 $V$ と、バブルの体積 $V$ の一次微分 $dV/dt$ は第21図のような時間変化を示しており、発泡開始より約2.1 $\mu$ sec後のバブルの連通までの体積 $V$ の二次微分 $d^2V/dt^2$ は正となり、バブルの内圧は外気圧よりも高いことが確認された。

## 〔比較例2〕

前記実施例1で用いた記録ヘッド(第5図)とインクを用いて、6.0V、500 $\mu$ secのパルスを印加して20Hzで駆動し吐出を試みたところ

ル内のガスが噴出することを防ぎ、その結果ミストやスプラッシュによる記録紙の地汚れや装置内の汚れを防止できる。

さらに、インクに対してバブルの運動エネルギーを十分に伝達することができるので、吐出効率が高くなり、目詰まりを解消できる。そして液滴の吐出速度も向上するため液滴の吐出方向が安定し、さらに記録ヘッドと記録紙間の距離を広げることができる。装置設計が容易になる。

また、生じられたバブルの消泡過程がないため、消泡によるヒータ破壊現象が解消され、記録ヘッドの寿命が向上する。

なお、本発明の液体噴射方法は所謂オンデマンド型、コンティニユアス型のいずれにも適用可能であるが、特に、オンデマンド型の場合には、液体(インク)が保持されているシートや液路に対応して配置されてい電気熱変換体に、記録情報に対応していて核沸騰を越える急速な温度上昇を与える少なくとも一つの駆動信号を印加することによって、電気熱変換体に熱エネルギーを発生せし

め、記録ヘッドの熱作用面に膜沸騰させて、結果的にこの駆動信号に一対一対応し液体（インク）内の気泡を形成出来るので有効である。

本発明の液体噴射方法を用いた記録ヘッドとしては、上記実施例中に記載されるものに限られるものではなく、記録装置が記録できる最大記録媒体の幅に対応した長さを有するフルラインタイプの記録ヘッド等の多くの形態および変形例が考えられる。また、フルラインタイプの記録ヘッドとしては、複数記録ヘッドの組み合わせによって、その長さを満たす構成や一体的に形成された一個の記録ヘッドとしての構成のいずれでも良いが、いずれにしても、本発明は、上述した効果を一層有効に発揮することができる。

加えて、装置本体に装着されることで、装置本体との電気的な接続や装置本体からのインクの供給が可能になる交換自在のチップタイプの記録ヘッド、あるいは記録ヘッド自体に一体的に設けられたカートリッジタイプの記録ヘッドを用いた場合にも本発明は有効である。

又、本発明の記録装置の構成として設けられる、上記した様な記録ヘッドに対しての回復手段のほかに、予備的な補助手段等を付加することは本発明の効果を一層安定できるので好ましいものである。これらを具体的に挙げれば、記録ヘッドに対しての、クリーニング手段、電気熱変換体或はこれとは別の加熱素子或はこれらの組み合わせによる予備加熱手段等である。また、記録とは別の吐出を行なう予備吐出モードを行なうことも安定した記録を行なうために有効である。

更に、記録装置の記録モードとしては黒色等の主流色のみの記録モードだけではなく、記録ヘッドを一体的に構成するか複数個の組み合わせによってでもよいが、異なる色の複色カラー又は、混色によるフルカラーの少なくとも一つを備えた装置にも本発明は極めて有効である。

#### 4. 図面の簡単な説明

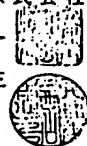
第1図(a)及び第1図(b)は本発明の吐出状態を説明するための模式的断面図、第2図(a)乃至第2図(e)はバブルの内圧と体積の

時間変化を説明する図、第3図は液滴体積の測定方法を説明するための概略図、第4図(a)及び第4図(b)は夫々吐出される液体を上方及び側方より見た模式的説明図、第5図は本発明の一実施例で用いた記録ヘッドを説明する図、第6図は本発明の別の実施例で用いた記録ヘッドを説明する図、第7図はバブルの体積の時間変化を説明するための図、第8図(a)及び第17図(a)は本発明実施例の記録ヘッドを説明するための模式的斜視図、第8図(b)乃至第16図及び第17図(b)乃至第19図は本発明実施例の記録ヘッドを説明するための模式図、第20図(a)及び第20図(b)は比較例を説明するための模式的断面図、第21図は比較例におけるバブルの体積の時間変化を説明するための図である。

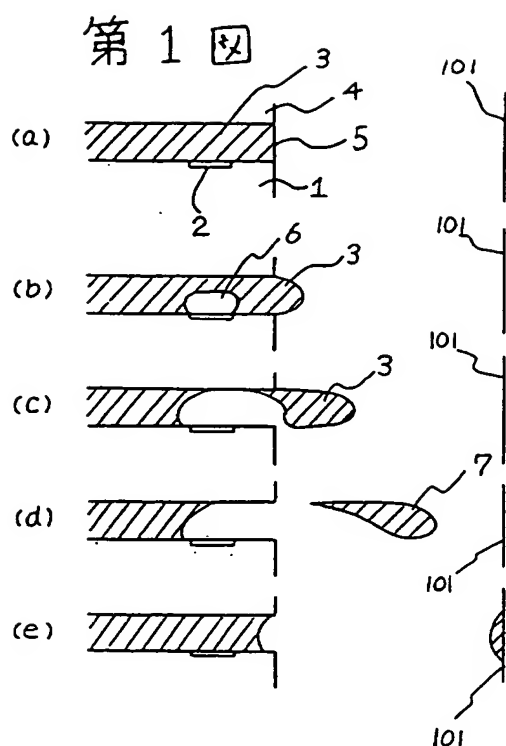
1 1 … インク供給口、 1 2 … 液路

出願人  
代理人

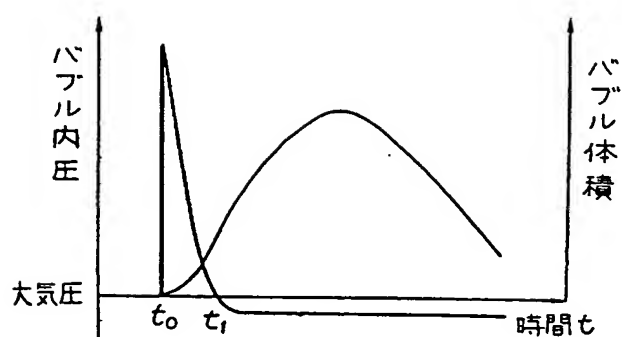
キヤノン株式会社  
丸島 儀一  
西山 恵三



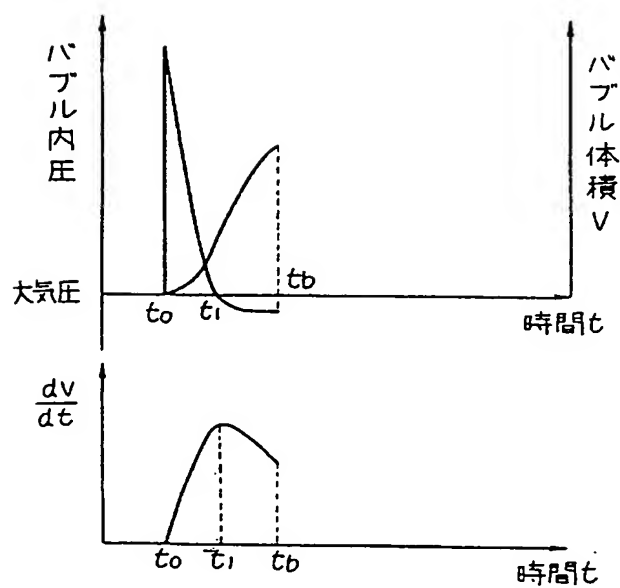
- |          |         |
|----------|---------|
| 1 … 基板,  | 2 … ヒータ |
| 3 … インク, | 4 … 天板  |
| 5 … 吐出口, | 7 … 液滴  |
| 8 … 壁,   | 10 … 液室 |



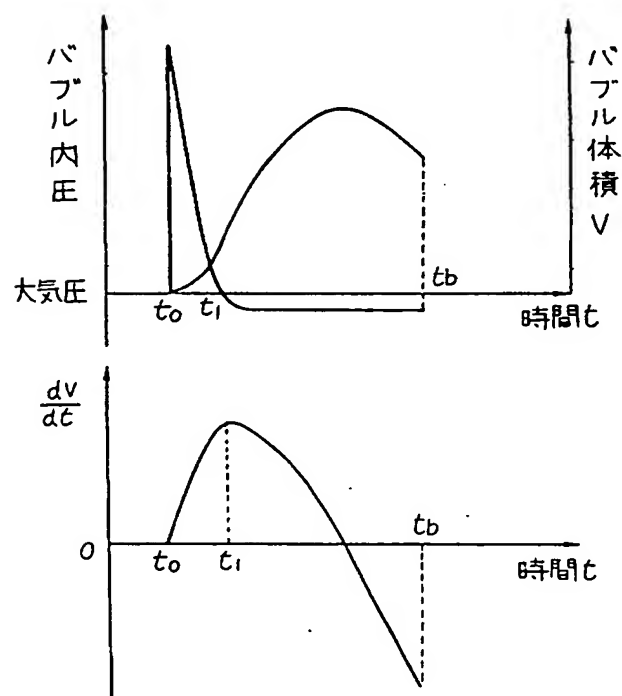
第2図(a)



第2図(b)



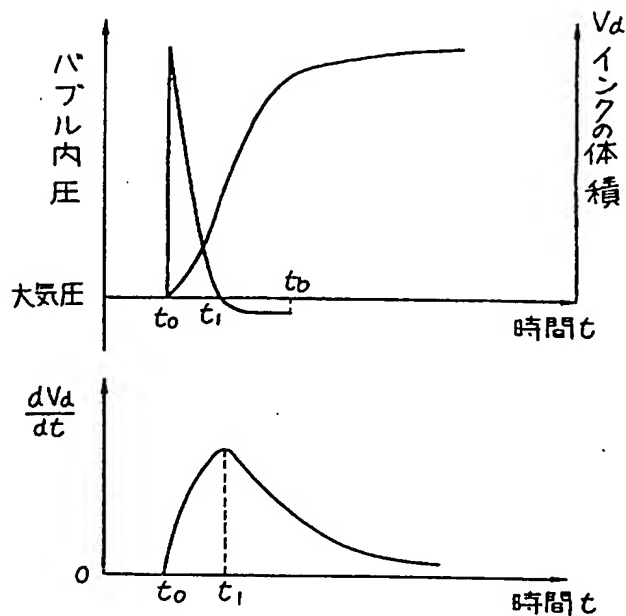
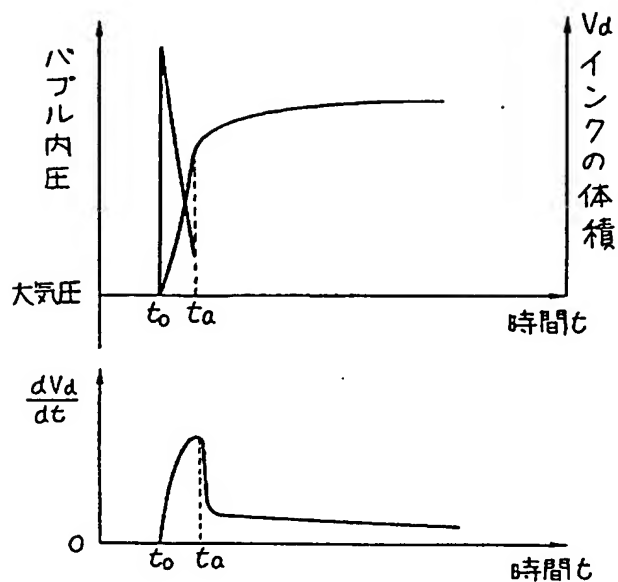
第2図(c)



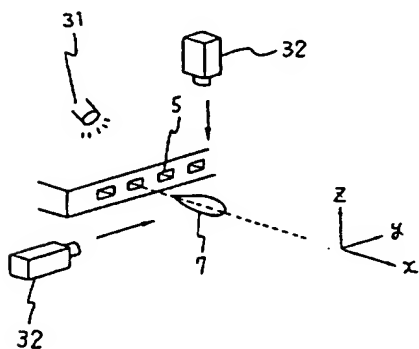


第2図(e)

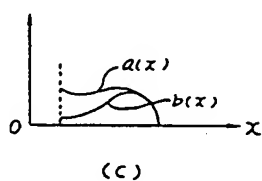
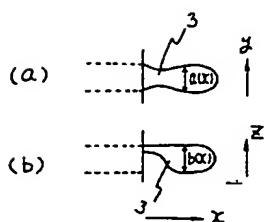
第2図(d)



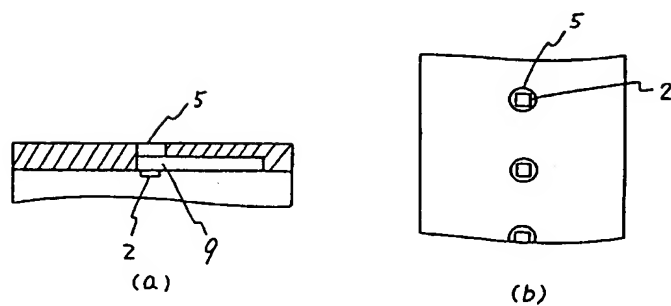
第3図



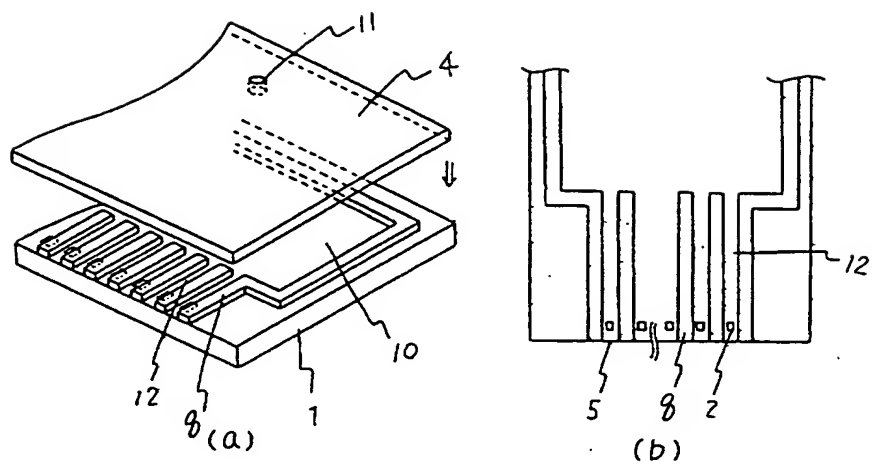
第4図



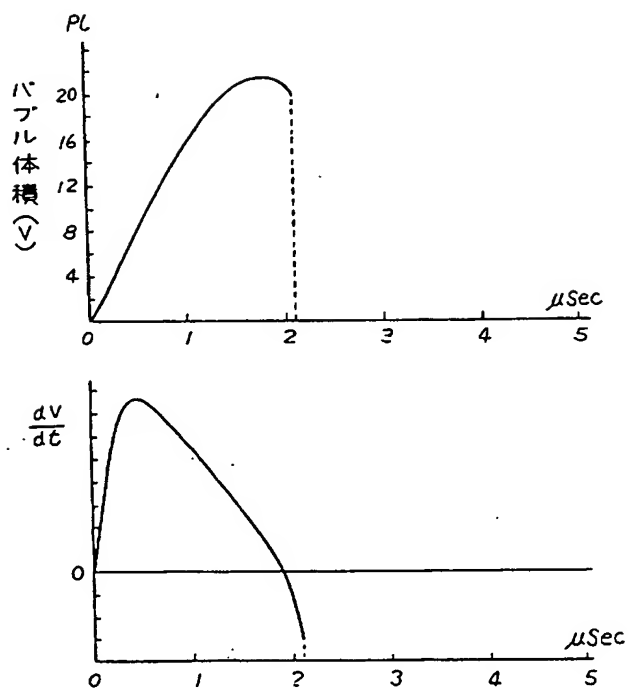
第6図



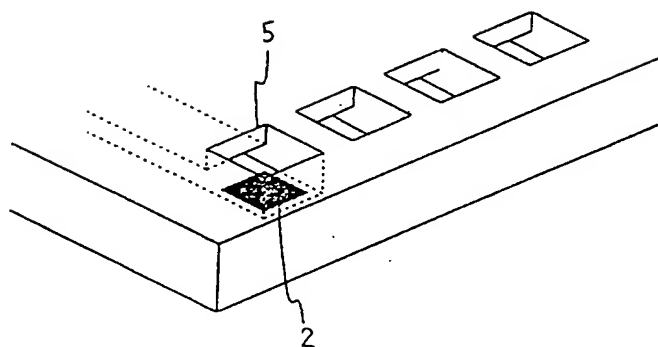
# 第5図



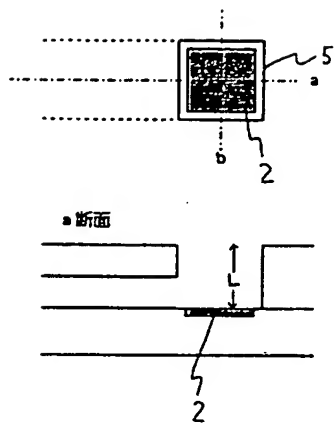
# 第7図



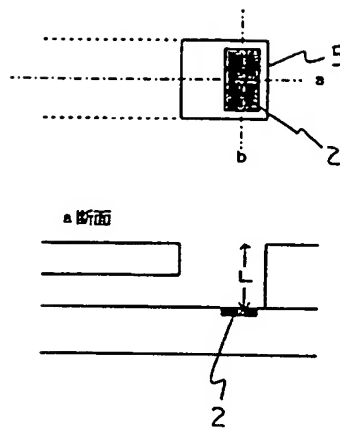
# 第8図 (a)



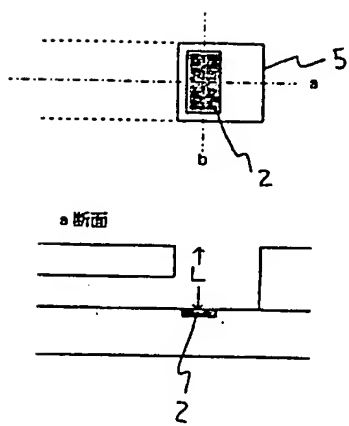
第8図(b)



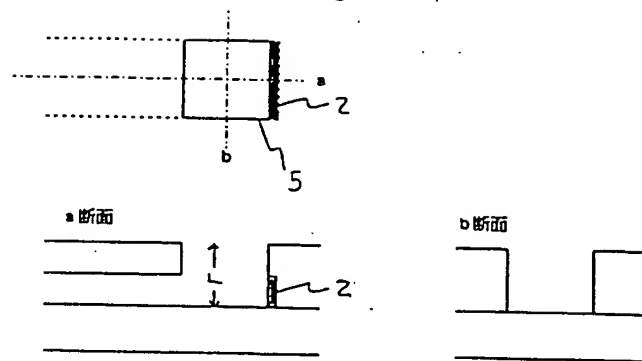
第9図



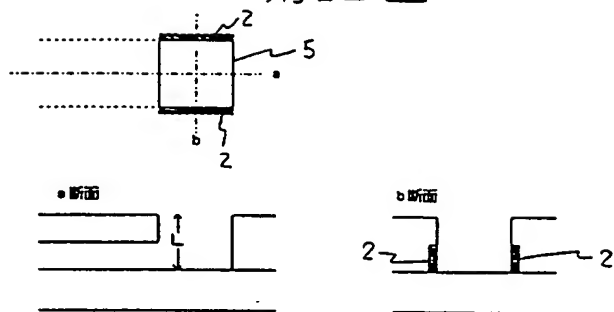
第10図



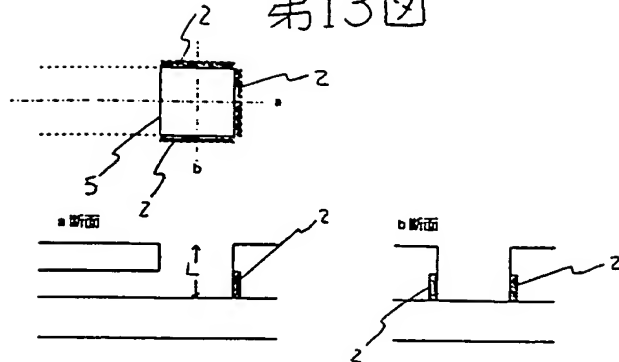
第11図



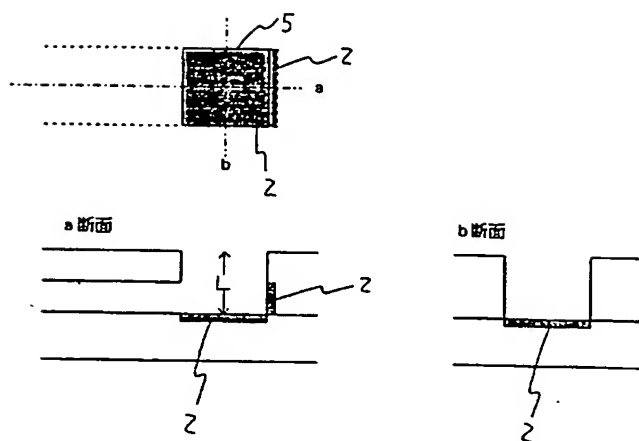
第12図



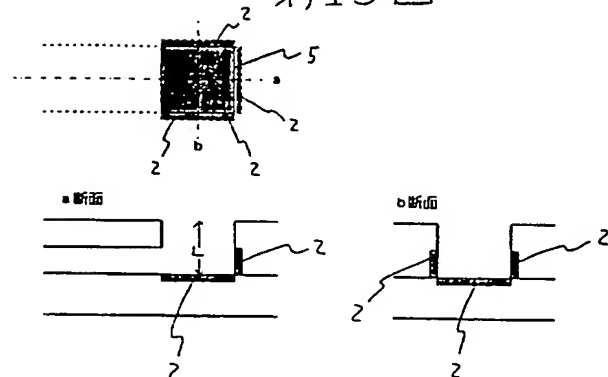
第13図



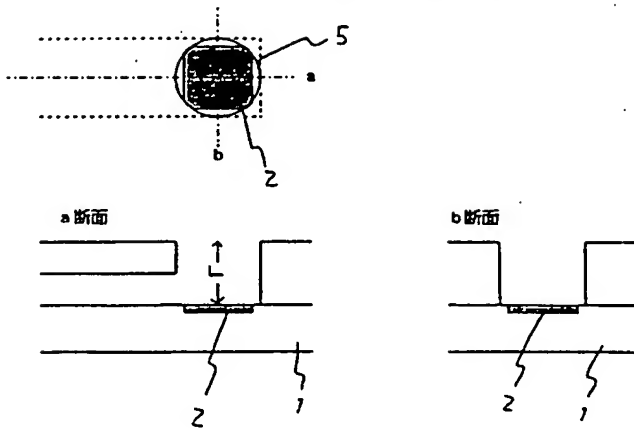
第14図



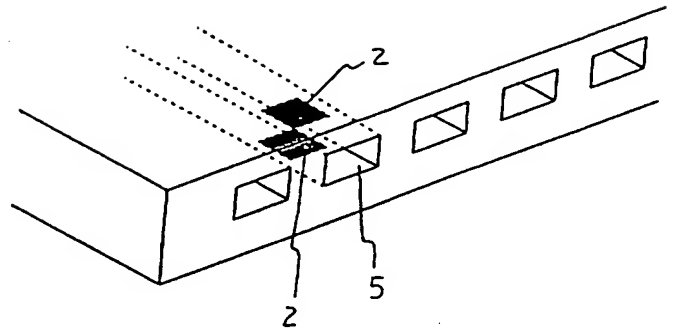
第15図



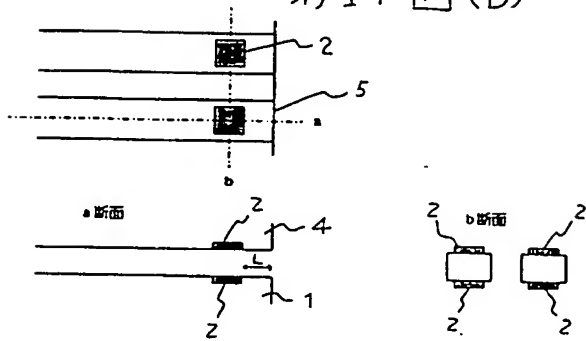
第16図



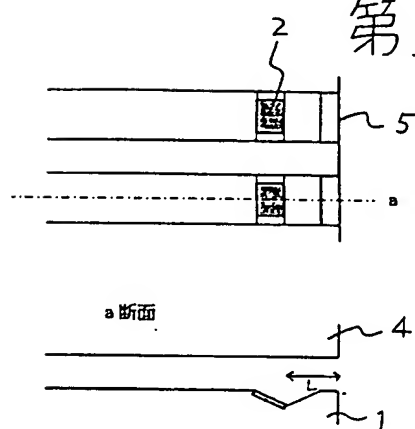
第17図(a)

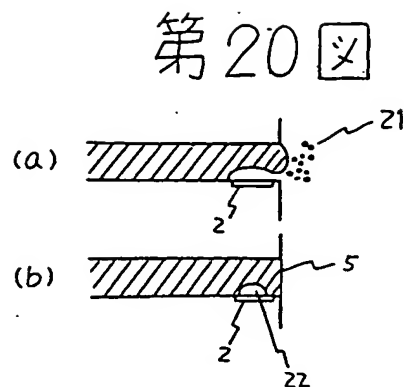
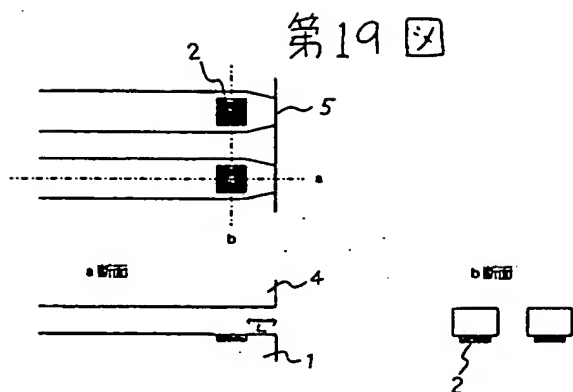


第17図(b)

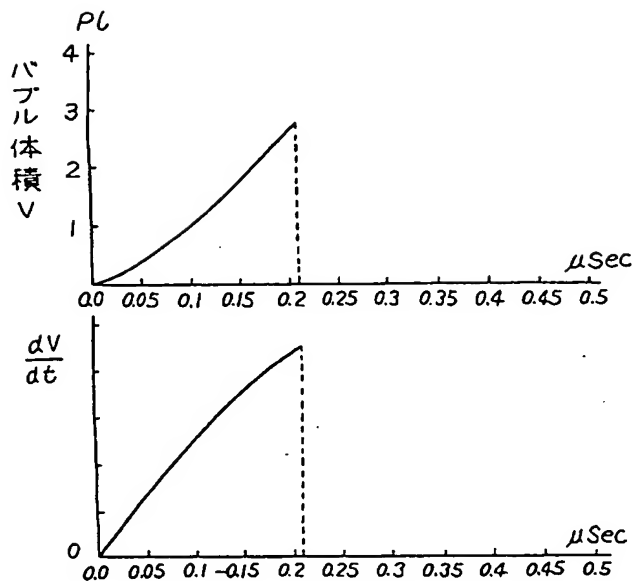


第18図





第21図



手続補正書 (方式)

平成 2 年 8 月 3 0 日

特許庁長官 樋 松 敏 郎



1. 事件の表示

平成 2 年 特 許 願 第 1 1 2 8 3 2 号

2. 発明の名称

液体噴射方法および該方法を用いた記録装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都大田区下丸子3-30-2

名 称 (100) キヤノン株式会社

代表者 山 路 敬 三

4. 代 理 人

居 所 〒146 東京都大田区下丸子3-30-2

キヤノン株式会社内 (電話758-2111)

氏 名 (6987) 弁理士 丸 島 儀 一

5. 補正命令の日付 (発送日)

平成 2 年 7 月 3 1 日



2. 9. 1  
2. 9. 1

6. 補正の対象

明 細 書

7. 補正の内容

- (1) 明細書第37頁第18行目の「第1図(a)及び第1図(b)」を「第1図(a)乃至第1図(e)」と補正する。
- (2) 明細書第38頁第2行目～第3行目の「第4図(a)及び第4図(b)」を「第4図(a)乃至第4図(c)」と補正する。

(以 上)

